(6) Japanese Patent Application Laid-Open No. 57-162340 (1982):

"Annealing Method for Silicon Semiconductor"

The following is an English translation of the abstract of the above application.

Nine flashing light discharge lamps 3 are closely arranged in zigzag shape as illustrated in Fig. 2 where five lamps are disposed in a plane S_1 and four lamps are disposed in a plane S_2 . This flashing light discharge lamp group consisting of nine flashing light discharge lamps forms a flashing light plane light source of about 50 mm \times 40 mm in size. A plane mirror 4 is disposed in a plane S_3 close to the plane S_2 . A sample table 5 that can be preheated by a heater and the like is arranged to be apart from the light source about 10 mm (= H), thereby forming an annealing furnace as a whole.

(1) 日本国特許庁 (JP)

① 特許出願公開

⑫公開特許公報(A)

昭57—162340

⑤Int. Cl.³
H 01 L 21/324

識別記号

庁内整理番号 6851-5F 母公開 昭和57年(1982)10月6日

発明の数 1 審査請求 未請求

(全 8 頁)

砂シリコン半導体のアニール方法

②特 願 昭56-46256

②出 願 昭56(1981) 3 月31日

姫路市別所町佐土字春日1194番 地ウシオ電機株式会社播磨工場 内 @発 明 者 五十嵐龍志

姫路市別所町佐土字春日1194番 地ウシオ電機株式会社播磨工場 内

⑪出 願 人 ウシオ電機株式会社東京都千代田区大手町2丁目6番1号朝日東海ピル19階

明細ま

1. 発明の名称 シリコンギ 導体のアニール方法 2.特許請求の範囲

あらずじめ温度TA(℃)に弓体加勢されたシリコン半導体を、間光放電灯からの関元照射で
アニールするにあたって、シリコン半導体の反射
率な戻、間光のパルス中(主波高度)をもしてイ
クロ砂)、シリコン半導体上における照射を展を
E(ジュール/cm²)とした時、しが、70をも全
780の範囲であって

 $2.3 \times 10^{-3} t^{-0.17} \le \frac{(1-\widetilde{R})E}{14/0-T_4} \le 3.8 \times 10^{-3} t^{-0.28}$

はる関係が維持される条件ですニールすることを 特敵とするシリスン半導体のマニール方法。 3. 発明の詳細は説明

本発明は、シリコン半鼻体の3ニール方及に 関する。

シリコン半導体な落板として、種々のEC。 LSI等な製作する場合、不純物イオンとしてリン(P)、ホウソ(B)、Cy(As)等な高な ネルギーでイオン打り近みすることが行りわれる。 この場合、良く知られるいるように、シリュン年 長体に結晶復編が生むるので、このイオン打り近 山工程校、吹ず結晶積偏回復のにめのマニール工 税五外等とする。

様条、この 3ニール工程では、電気が法としーザービーム法とが知られているが、いづれも実用上問題が多く、ごく最近では、重先収電灯による間え照射を利用するとと が検むされている。

関え放電灯は周知の如く、一般には、かうス製、特殊日もので透え性セラミック製の対体バルプと有し、門を照射の致度を大さくすると間を設置りの原用角命が著しく経かくなる欠点があるとともに、シリコン手導体が表がなるなどので、グラリコン手導体上における照射を展しためるだりでは、必ずしも良好はマニールは実行できない。例えば、ドーピンア効率49%以上のマニールを開え放電灯の照射のみで実行しようとすると実際にはかりりの国教はともよう。

上記理日中ら、マニールであめ昇温エネルギー五全部開光放電打からの間光時制によることを避け、ようかじかみる温度まで 予備加勢しておいて比較的間見時間の残房が入るくて済むようは予・備加勢方式(サーマルマシスト法)を併用し、東に、シリコン半鼻体の反射やも考慮したうえで問え時間の残房上史めた方が良い。

とこうで、反射率介立有するシリコン手導体に、1912年の(支液高長)七(マイフロ粉)の関系でシリコン半導体上における照射強度を(ジュール/cm²)を与えると、シリコン半導体の放血の上昇温度は、1912年がおっぷそ50マイフロ粉以上では、近似的に次成で年えられる。

T(°C) = Q·(1-戻)・E·tb············(1) 文リ)にあいて、Q ほその物質の料度の温度における、軽紅毒率、坚良、比勢等で定まる定数、(1-戻)・E は、その物質に吸収された単位面積当りの エネルギーである。したがって、オニール温度の 上限値をTM、予備加勢された温度をTA×すると、 門光賜刻によって昇載して火れば良い温度差は、

はる関係が維持される条件でマニールすることに ある。

以下回面を参照しなべり本発明の実施例と説明する。

第1回日本発明に使用する問先放電行の説明 団であって、1日一月の電極2日対体バルナであって、7-7長1日40mm、バルナ内後日日8mm、 外後は10mmの寸建五角する直曜なのものを示す。 この問先放電行3点、第2回に示すように、平面 S1内に5本、平面S2内に4本、台計9本がすドリ ない窓路して配置され、この9をの間光放電打群 はよって、約50mm×40mmの関光面光線が形成これかように配置する。そして、平面ミラー4を、 平面S2に近終しに平面S3内に配置し、ヒークー等 で分約10mm(二十)軸間で配置して、全体をアーール伊として構成する。

第2回のマニールヤにおいて、シリコン半導

TH - TA = Q·(/-戻)·E·E·(2) グダで手えて良い・そして東に、太(2)を変形してならな、ちならと置き替えると、

$$\frac{(J-\widetilde{R})\cdot E}{TH-TA}=\alpha'\cdot t^{b'}-\cdots-(4)$$

ELZAU.

本範明は依ろ観点すら、弓側加勢温度、反射率、10年ス中、照射エネルギー等の要因な方慮したウスでトーピンで効率が45%以上で、良好はシリコン半導体の置ニールが決立後でからなることを自動としてはされたものであって、その耐微加勢されてマーーようにおにって、シリコン半導体の反射率を反、間光の1212年 は上における照射をしてイクロ秒)、シリコン半導体上における照射強を(ブュール/cm²)とした時、しがでの全た金で80の範囲であって、

様よウエハー 6日、試料台上に配置されることに引るが、ウェハー上における賜財強度を(ジュール/cm²)及びパルス巾で(zk/2n秒)日、悶光放电灯に然給される電気入り及び電気回路条件を変えることによって、種での値を選択でき、マニール実験に保しにウェハーは、船局機場の深さが大体の2/M~1.0/m、ウェハーの厚み日、300/m~650/mのものをサンプルとしている。

a' = 3.8 x lo⁻³, b' = 0.28 な決定した・ス・反射率 〒 は. 次式せ(5)で欠奏している。

$$\widetilde{R} = \frac{\int_{R(\lambda)} \cdot I(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) d\lambda} - \dots (5)$$

- こうにおいて、入口波長、R (2) は えにあける E 射学度、I(2) はえ にぶりる 関先の 独身である。

川下、個々のアニール皇籍の代表的例を説明する。

(1) ヒリを加速エネルギー50 kcVで、5 x 10¹⁵個/cm, 打5 比人に、反射率戻 が0.45のウェハー を550°C に予備加勢しておき、このウェハーを、じ=50、F=15.6 の間光で照射しに場合、ドーピンケ効率が40%とはり、マニール不足が生ずる。 国様に、しが50 以下、その他予備加勢の温度、デス3 FE変大に実験でもドーピンア効率が更にドがり、アニール不足が見られる。

(D)リン包加速エネルギー 50 KV で、2×10⁵個/cm² 打ち込んだ、反射率 Rがの46のウェルー 色 350°C に干備 か 終しておさ、このウェルーを て-70、E=20,0の間差で照射した場合、ドーピ ング約季は90%である(3ニール負均)。

(ハ)上記(ロ)×国じウェハー と、千角加勢 500°C. セニマの、F=12.2 A附まで眼射 すると、ドーピン で効率は50%であり、十分実用に低しかるものが、 得られる。

(二) オウリも 加速エネルギー 50 Ke Vで、 5 x 10 15個/cm² 打り込んじ、反射率反が 0.41のウエハーを 600° C に子偏加動しておさ、このウエハーを t=400、 E=30 内間でで割すると、ウエハー 人表面が 俗歌しての1~0.3μmの 凹凸 が 生じ、表面でつう、1 も発生する(マニール不良)。

(本)ヒリなた地域エネルギー100×eVで2×10¹⁵個/om²打り止んだ、反射率アが0.39のウエハーな、子編加約400℃として、た=150、E=13.5の関えで明射すると、ドーセンア効率は42%と低い(てニール不及)。

(ハ)リンな加速エネルギー50keVでち×10¹⁶個/cm=打ち込んで、反射率戻がの46のウェハーを. 予備加熱540°Cとし、t=780、E=3 85の間え て照射33と、ドーピン7刻率が100%た6建し.

ウェハーの「ソリ」もはく、良好日マニールが得られる。

い上記(へ)と同じウェハーな、予編加勢 300°C とし、七二780、E=29の関先で 照射すると、ドーピンア効率70%で「ソリ」6 はく、良好な アニールとはる・

(チ)りンな加速エネルギー50 ke Vで、5×10 ¹⁵個/cm² 打ち込んだ、反射率戸がの5 のウェハーを 子編加勢500°Cとし、セニノ000、Eニ33の間光で興制した場合、ウェハーが変形し、彼工程で不良×日、てしまう。

(1)と1を加速エネルギー100kc Vで,1×10^で個/cmi 村 5 込んで、反射率アがの39のウェハー を、あらかじめ 500°C に干備加恕 しておき、ヒニ150、E=18の開光で照射すると、ドーピンで率率が90%とはり、非常に良いてニールができる。

スネケリを加速エネルギー30 ke V で 5×10¹⁵ 個/cm² 打 5 込んだ、 反射率 戻が 0.5 のウェルーを、 干備如約 500°C とし、 t = 400、 E = 27の 内えて照射 すると、ト・ピング対字は 75% と以る

(7=-儿良好)。

以上の代表的別なびれの多くの実験やう。直線X。生越える区域では、大棒において、凹凸、クラック、「ソリ」、ケザみ等の不良がみられ、直線X、に満たはい区域では、ドーピング効率では5%に満たず、しかでへて80の範囲で、X,とX,との間の区域であれば、トーピング効率が分が以上でかつ、物理的は変形がはく、良好はマニールが追放される。

本発明は小上の説明からも理解されるように、人才ン打ち込み級の半馬(外三)コンのマニールを引きてあるに、て関土放電打からの関先照射を利用するものであるが、サマールマシスト 沃を併用し、予備如熱温度、ウェハーの反射率、関えの1アルス中、照射エネルギー等な月後したうえで、ドーピング列率が45%以上でしゃも氏好なてニールが連成される新規セマニールを決を提供するものでより、パルス中(土油高長)で(マイクロ秒)が70~980によいて、

2.3 × 10-3 to 27 & (1-R)-E = 3.8 × 10-3 to 28

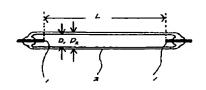
特開昭57-162340(4)

はる条件を維持することによるものである。 4.図面の簡単は説明

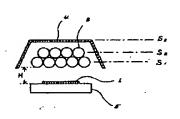
を1回は、本発用に使用する間見放電灯の一別の説明団、并2回は、本発明に使用するてニール炉の一例へを部の縦略の説明団、オ3回は、データの説用団であって、しは、1 付め 電極、2 は対外になず、3 は間も放電灯、4 は反射ミラー、5 は試料台、6 はウェハーをまで示す。

付許太阪人 ウンオ電機株立名本語 図面の浄杏(内容に変更なし)

第 1 図



第 2 図



手 .铣 補 正 告(自発)

昭和56年5月22日

符许厅是官 島田春村 殿

1特許庁書直管 設计

1. 事件の表示

昭和 56 年 特許 順第 46256号

2 発明の名称

シリコン羊導体の 7二-ルガ法

3. 補正をする者

事件との関係

特許 出租人

中100 住所 東京都千代田区大手町 2丁目 6 番 1 号

朝日東海ビル19階

8称 ウシオ電機株式会社

代表者 本工 # 湿

4. 強正により増加する登明の登上

たし

5.補正の対象

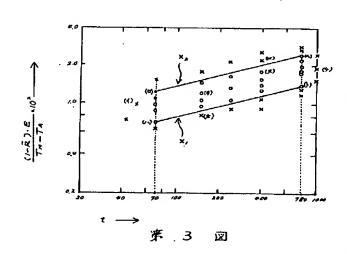
(1) 明知書

(2) ② 香

6. 横正の内容

(1) 別級の通り訂正とます。

(2) 別紙の通り海書でた四面を提出にす。



榲 (訂正) 明

1. 発明の名称

シリコン半導体のアニール方法

2.特許請求の範囲

あらかじめ温度T₄(C)に予備加熱されたシリ コン半導体を、閃光放電灯からの閃光照射でエニ ールするにあたって、シリコン半導体の反射率を \widetilde{R} 、閃光のパルス巾($\frac{1}{2}$ 彼高長)を ℓ (マイクロ 秒)、シリコン半導体上における照射強度をE(ジュール/al)とした時、 t が、 7 0 ≦ t ≦ 780 の範囲であって、

 $2.3 \times 10^{-3} t^{0.27} \le \frac{(1-R)E}{1410-T_A} \le 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$

なる関係が維持される条件でアニールすることを 特徴とするシリコン半導体のアニール方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、シリコン半導体のアニール方法に関

Cシリコン半導体を基板として、種々のIC. LS1等を製作する場合、不純物イオンとしてり ン(P)、ホウソ(B)、ヒソ(Ag)等を高エネ

特殊なもので透光性セラミック製の封体パルプを 有し、閃光照射の強度を大きくすると閃光放電灯 の使用麹命が著しく短かくなる欠点があるととも に、シリコン半導体の表面は平滑性を高くするた めに鏡面加工されているので、したがって、反射 客が大きいのでシリコン半導体上における照射強 暖を定めるだけでは、必ずしも良好なアニールは 実行できない。例えば、ドーピング効率45%以上 のアニールを閃光放電灯の照射のみで実行しよう

とすると実際にはかなりの困難をともなり。

との場合、良く知られているように、シリコン

半導体に結晶損傷が生ずるので、このイオン打ち

込み工程後、必ず結晶損傷回復のためのアニール

従来、このナニール工程では、電気炉法とレー

ザーヒーム法とが知られているが、いずれも爽用

上問題が多く、どく最近では、閃光放電灯による

関光放電灯は周知の如く、一般には、ガラス製

閃光照射を利用するととが検討されている。

工程を必要とする。

上記珠由から、アニールための昇離エネルギー を全部閃光放電灯からの閃光照射によることを避 け、あらかじめある温度まで予備加熱しておいて 比較的閃光照射の強度が小さくて済むような予備 加熱方式(サーマルアシスト法)を併用し、更に、 シリコン半導体の反射率も考慮したらえで閃光照 射の強度を定めた方が良い。

ととろて、反射電圧を有するシリコン半導体に、 パルス巾(1を披高長)((マイクロ秒)の閃光で シリコン半導体上における照射強度E(ジュール /cd)を与えると、シリコン半導体の表面の上昇 温度は、バルス市がおおよそ50マイクロ秘以上で は、近似的に次式で与えられる。

 $T.(C) = a \cdot (1-\widetilde{R}) \cdot E \cdot \ell$ (1) 式(1)において、αはその物質の特定の温度におけ る、熱伝導率、密度、比熱等で定する定数、(1 $-\widetilde{R}$) ・ E は、 その物質に吸収された単位面積当 りのエネルギーである。 したがって、アニール召 度の上限値をT_M、予備加熱された機度をT_Aとする と、閃光照射にごって昇臨してやれば良い器底差

 $T_{M}-T_{A}=\alpha \cdot \{1-\widetilde{R}\} \cdot E \cdot t^{b} \dots (2)$ の式で与えて良い。そして更に、式(2)を安形して aをぴ.bをかと置き替えると、

$$\frac{(1-\widehat{K})\cdot E}{T_{M}-T_{A}}=\alpha^{\prime}\cdot \ell^{3}$$
.....(4)

として良い。 本発明は係る観点から、予備加無危度、反射率、 パルス巾、照射エネルギー等の要因を考慮したり えでドーピング効率が45%以上で、良好なシリコ ン半導体のアニール方法を提供することを目的と してなされたものであって、その特徴とするとこ ろは、 あらかじめ臨废T_A(C)に予備加熱された シリコン半導体を閃光放電灯からの閃光照射です。 ニールするにあたって、シリコン半導体の反射率 をR、閃光のパルス巾(予放高長)を《(マイク ロ秒)、シリコン半導体上における照射強度をE (ジュール/d)とした時、しか70≤ 1 ≤ 780 の 範囲であって

特際昭57-162340(6)

 $2.3 \times 10^{-3} \ell^{0.27} \le \frac{(1-R) \cdot E}{1410 - T_A} \le 3.8 \times 10^{-3} \ell^{0.28}$ なる関係が維持される条件でアニールすることにある。

以下図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

第1図は本発明に使用する閃光放電灯の説明図であって、1は一対の電極、2 は封体パルブであって、7ーク長しは40 $\pm a$ 、パルプ内径 D_1 は8 $\pm a$ の外径は10 $\pm a$ の寸法を有する直管状のものを示す。 この閃光放電灯3 $\pm a$ を、第2 図に示すように、平面 E_1 内に5 本、平面 E_2 内に4 本、合計9 本が電灯がよいで接して配置され、この9 本の閃光放電灯がよいである。そして、平面ミラー4 を、平で予備がある。そした既料台5 を、光顔から約10 $\pm a$ に 一ター炉の加熱できるようにした既料台5 を、光顔から約10 $\pm a$ (二件成する。

第2図のアニール炉において、シリコン半導体のウェハーもは、試料台上に配置されることにな

第3図は予能加熱品度 T_A 、肥射エネルギーE、パルス巾 L を変えで間定した多数の実験結果を、よこ軸をL 、たて軸を $\frac{(1-R)\cdot E}{T_M-T_A}$ として整理したものであって、×印はアニール不足または不良。〇印はアニール良好を示し、L が70~780 の範囲内で、直線 X_1 と X_2 との間の区域が、良好なアニールが出来ることを示している。そして、このデータの数値にもっともよく適合するように式(5)の定数 L_M ない。 L_M を求め、 L_M = 1410 (L)、 L_M にかける L_M = 23×10 L_M 。 L_M = 1410 (L)、 L_M にかける L_M = 23×10 L_M 。 L_M = 0.28 を決定した。又、反射率 L_M に

式(5)で定義している。

$\widetilde{R} = \frac{\int R(\lambda) \cdot I(\lambda) d\lambda}{\int I(\lambda) d\lambda} \dots (6)$

ことにおいて、 A は彼長、 R (A) は A における 反射率、 [(A) は A における 閃光の強度である。 (第3別・記号の以下) 以下、個々のアニール実験の代表的例を説明す! る。

- (P) リンを加速エネルギー50 W で、 2×10^{15} 個/ 以打ち込んだ、反射率 \widetilde{R} が 0.46のウェハーを 550 C 化 予備加熱しておき、 このウェハーを、 t=70、 E=20.0 の 円光で限射した場合、 ドービング効率は90 まである(T=- ル 良 好)。

- 付上記向と同じウェハーを、予備加熱 500℃、 1 = 70、 E = 122 の閃光で照射すると、ド ーピング効率は50%であり、十分実用に供し うるものが得られる。
- ()ホウソを加速エネルギー50KeVで、5×10¹⁵
 個/は打ち込んだ、反射率 R が 0.41のウェハーを、1 = 400、E = 30 の閃光で照射すると、ウェハーの表面が熔融して 0.1 ~ 0.3 μm
 の凹凸が生じ、表面クラックも発生する(アニール不良)。
- 財ヒンを加速エネルギー 100KeVで 2 × 10¹⁵個 /叫打ち込んだ、反射率 R が 0.39のウェハー を、予備加熱 400℃として、 ← = 150 、E = 13.5の閃光で照射すると、ドーピング効率は 42%と低い(アニール不足)。
- (リンを加速エネルギー 50KeV で 5 × 10¹⁶個 ノば打ち込んだ、反射串系が 0.46のウェハー を、予備加熱 540でとし、 t = 780 、 E = 39.5の閃光で照射すると、ドーピング効率が 100まにも達し、ウェハーの「ソリ」もなく、

計算8857-162340 (ア)

良好なアニールが得られる。

- (h)上記(4)と同じウェハーを、予備加熱 300℃とし、t = 780、 E = 29 の関先で照射すると、ドーピング効率であて「ソリ」もなく、食材で分変用に軽きる。
- (7) リンを加速エネルギー 50 KeVで、5 × 10¹⁵ 個 / d打ち込んだ、反射率 R が 0 か ウェハーを 予備加熱 500 C とし、 i = 1,000、 E = 33の 関光で照射した場合、ウェハーが変形し、後 工程で不良となってしまり。 ti2 t=1000 にないて 15 (た) を 15 大元かれる。
- (I)) ヒソを加速エネルギー 100KeVで、 1 × 10¹⁵ 個/cd打ち込んだ、反射率 R が 0.39のウェハーを、あらかじめ 500℃に予備加熱しておき、
 ε = 150、 E = 18 の閃光で照射すると、ドービング効率が90%となり、非常に良いアニールができる。
- (図ホウンを加速エネルギー50KeVで5×10¹⁵個 / は打ち込んだ、反射率 R が0³のウェハーを 予備加熱 500でとし、 1 = 400、 E = 27の 関 光で限射すると、ドーピンク効率は55%とな

る(アニール良好)。

以上の代表的例及び他の多くの実験から、底般 X2を超える区域では、大体にかいて、凹凸、クラック、「ソリ」、ゆがみ等の不良がみられ、直線 X1に満たない区域では、ドーピング効率で45多に満たす、 4 が 70 ~ 780 の範囲で、 X1 と X2 との間の区域であれば、ドーピング効率も45多以上でかつ、物理的な変形もなく、良好なアニールが達成される。

本発明は以上の説明からも理解されるように、イオン打ち込み後の半導体ンリコンのアニールをするにあたって関先放電灯からの関光照射を利用するものであるが、サマールアシスト法を併用し、予備加熱温度、ウェハーの反射率、関光のパルスト、照射エネルギー等を考慮したうえで、ドーピング効率が45%以上でしかも良好なアニールが達成される新規なアニール方法を提供するものがであり、パルス巾(12 波高長)と(マイクロ秒)が70~780 において、

 $2.3 \times 10^{-3} t^{0.27} \le \frac{(1 - \widetilde{R}) \cdot E}{1410 - T_A} \le 3.8 \times 10^{-3} t^{0.28}$

なる条件を維持することによべるのである。 4.図面の簡単な説明

第1図は、本発明に使用する閃光放電灯の一例の説明図、第2図は、本発明に使用するアニール炉の一例の要部の概略の説明図、第3図は、データの説明図であって、1は、1対の電極、2は対体パルフ、3は閃光放電灯、4は反射ミラー、5は試料台、6はウェハーを失々示す。

特許出版人 ウンオ電機株式会技術 (自発)手 統 稲 正 書

昭和56年6月5日

特許庁長官 島田春樹殿

1. 事件の表示

昭和56年特許顧第46256号

2. 発明の名称

シリコン半導体のアニール方法

3.補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区大手町2丁目6番1号

朝日東海ピル19階

名称 ウシオ電機株式会社

代表者 岛 本 大

4.補正によって増加する発明の数

なし

5. 補正の対象

(1) 明 船 書

6. 補正の内容

(1) 昭和56年5月20日付出出の(訂正)明細導の第8日第150167-3、」とあるのを、「一

特無昭57-162340 (8)

. .

を 600℃に予備加熱しておき、とのクエハー ` を、」と訂正する。